

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-112231

(43)Date of publication of application : 02.05.1995

(51)Int.Cl.

B21H 5/00
B22F 3/24
B22F 5/08
B23P 15/14
C21D 1/42
C21D 8/00
C21D 9/32

(21)Application number : 05-258745

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC

(22)Date of filing : 15.10.1993

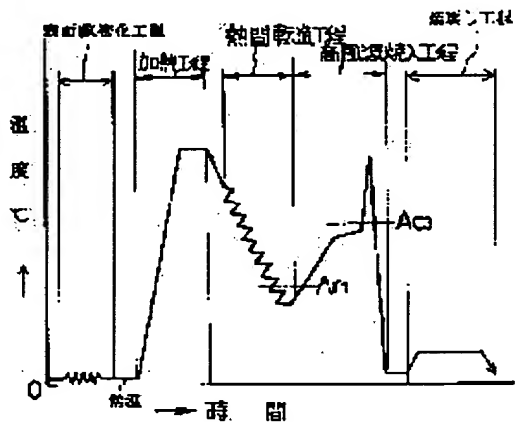
(72)Inventor : FUJIWARA YASUYUKI
MIYAMOTO NORITAKA
ONISHI MASAZUMI
TANAKA TOSHIAKI
DANNO ATSUSHI
KONDO MIKIO

(54) MANUFACTURE OF SINTERED GEAR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the manufacturing method of a sintered gear, which is advantageous to an improvement in the strength of a gear part, especially in the fatigue strenght of a root of tooth in a sintered gear in which there is a limit in increase in the strength of a gear part because the effect of the coarsening of austenitic grains at the time of sintering, is taken over.

CONSTITUTION: Fe-Ni base stock composed of a sintered compact is used. After the surface of a gear forming part being the peripheral part of a base stock is made dense, it is heated to approximately 1150° C in approximately 10mm deep by a high frequency induction heating. A heating process in which a gear forming part becomes an austenitic area is provided together with a process in which a gear part with a few defects is formed with form rolling by strongly pressing a form rolling die on a gear forming part and grain refining near the gear part is performed by a working heat treatment attended with form rolling. Further, a hot form rolling process by which the temperature of a gear forming part is made $\leq A_1$ transformation point, and an induction hardening process by which the vicinity of the gear part is quenched after high frequency induction heating and a quench-hardening layer is formed are successively provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3278262

[Date of registration] 15.02.2002

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[0030]

Incidentally, the area of gear desirably having the greatest strength is generally the dedendum 70c of tothing 70. In this behalf in the present method, although the crystal grains in the structure of the central area of gear may not be reduced in size basically because the processing force during hot forging is not applied much to the structure of the gear central in the radial direction, the crystal grains in the tooth-formed area 10 are reduced in size, as described above, by the processing heat associated with the hot gear rolling processing described above and the crystal grains in the structure of the tooth flank 71, tooth tip face 72, and bottom land 73 of tothing 70 are also reduced in size, which is advantageous for improvement in the strength of the tothing 70 and thus allows increase in the fatigue strength of the dedendum.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-112231

(43)公開日 平成7年(1995)5月2日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 1 H 5/00		D		
		B		
B 2 2 F 3/24		E		
		B		
5/08				

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

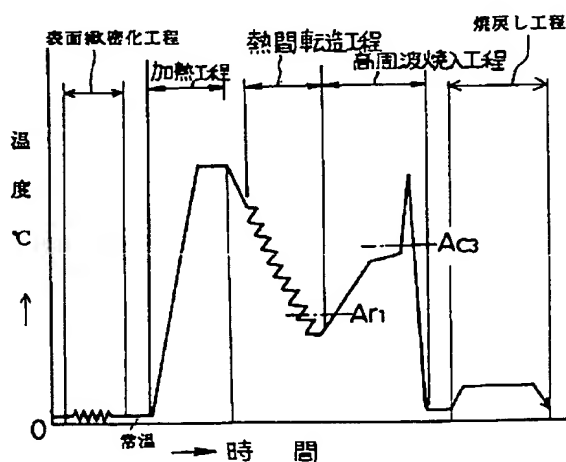
(21)出願番号	特願平5-258745	(71)出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	平成5年(1993)10月15日	(71)出願人	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1
		(72)発明者	藤原 康之 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(74)代理人	弁理士 大川 宏
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 焼結歯車の製造方法

(57)【要約】

【目的】焼結の際におけるオーステナイト結晶粒の粗大化の影響を引き継ぐため歯部の強度増加には限界がある焼結歯車において、歯部の強度特に歯元の疲労強度を向上させるのに有利な焼結歯車の製造方法を提供する。

【構成】焼結体からなるFe-Ni系の素材を用い、素材の外周部である歯形成部の表面緻密化加工を施した後、約10mmの深さで約1150°C程度に高周波誘導加熱し、歯形成部がオーステナイト化領域となる加熱工程と、歯形成部に転造型を強圧して転造により欠陥の少ない歯部を創成し、転造に伴う加工熱処理により歯部付近の結晶粒の微細化を図り、更に歯形成部の温度をA₁変態点以下とする熱間転造工程と、歯部付近を高周波誘導加熱した後に急冷し、焼入硬化層を形成する高周波焼入工程を順に実施する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】焼結処理が施された焼結体または焼結鍛造体からなり歯部となる歯形成部を備えた鉄系の素材と、突歯型部を備えた転造型とを用い、

少なくとも該素材の該歯形成部がオーステナイト化領域となる様に該素材を加熱する加熱工程と、

加熱された熱間状態の該素材に該転造型の該突歯型部を強圧して該歯形成部を転造することにより、該素材の該歯形成部に歯部を創成する熱間転造工程とを順に実施することを特徴とする焼結歯車の製造方法。

【請求項 2】熱間転造工程の前に、該素材の該歯形成部に表面緻密化工程を実施することを特徴とする請求項 1 に記載の焼結歯車の製造方法。

【請求項 3】表面緻密化工程は、該歯形成部に回転ロールのロール面を強圧する予備転造であることを特徴とする請求項 2 に記載の焼結歯車の製造方法。

【請求項 4】熱間転造工程の後に、該歯部の表層及び歯底面の表層を高周波誘導加熱した後に急冷し、焼入硬化層を形成する高周波焼入工程を実施することを特徴とする請求項 1 に記載の焼結歯車の製造方法。

【請求項 5】熱間転造工程の後に、オーステナイト生成温度以下で行われる窒化处理、軟窒化处理、水蒸気処理、ショットピーニング処理のうち少なくとも 1 つの処理を実施し、少なくとも該歯面及び該歯底面に表面硬化層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の焼結歯車の製造方法。

【請求項 6】加熱工程では、該素材を高周波誘導加熱して該素材の該歯形成部をオーステナイト化領域に加熱すると共に、該素材の該歯形成部の内側領域を該歯形成部よりも低い温度に維持し、該内側領域の剛性を該歯形成部よりも高めることを特徴とする請求項 1 に記載の焼結歯車の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、焼結体または焼結鍛造体で構成された焼結歯車の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、溶製品に切削加工を施して歯部を創成する切削歯車が提供されている。更に近年、切削歯車に代わり、粉末冶金で形成する焼結歯車の開発が盛んに行われている。焼結歯車は、切削加工で歯部を創成しないので、高コスト化しがちの歯部切削加工費を省略でき、難削材からなる歯車に適する。

【0003】この焼結歯車を製造する方法として、従来より、金属粉末の圧縮成形時に歯部を同時に形成した圧粉体を用い、その圧粉体を焼結して焼結体とし、その後、焼結体に浸炭焼入焼き戻し処理、水蒸気処理を適宜行なうことが行われている。しかしこの方法では歯部を切削加工で創成する工程を省略できるものの、焼結温度は一般的に 1050～1150℃と極めて高温であ

り、特に高温焼結の場合には 1250℃付近の高温領域に加熱され、しかも焼結時間は長時間であるため、焼結の際にオーステナイト結晶粒の粗大化を招き、これが常温の焼結体にも引き継がれる。そのため焼結歯車では歯部の強度の向上には限界がある。圧粉体を形成する際に微細な金属粉末を用いることも、結晶粒の粗大化防止には有効であるが、焼結の際に粉末粒子同士が接合するので、これにも限界がある。更にこの焼結歯車では、歯部に空孔が残留し空孔の切欠作用をも受けるため、歯部の強度の向上には限界がある。

【0004】更に特開昭 60-40638 号公報には、焼結体からなる素材に冷間転造を施して最終歯形を形成する歯車の製造方法が開示されている。この方法では転造により空孔が潰れて歯部の表面の緻密化が期待でき、更に冷間転造に伴う加工硬化により歯部の強化も期待できる。しかし、焼結の際にオーステナイト結晶粒が粗大化し、これが常温の焼結体にも引き継がれるため、前述同様に歯部の強度の向上には限界がある。更に冷間転造のため、歯車の材質も塑性加工し易いものに制約される。

【0005】更に特開昭 49-63646 号公報には、転造代の大きさと強度との間に相関性があることに着目し、最終製品と類似した形状をなし且つ所定の転造代を備えた焼結体を用い、その焼結体に冷間仕上転造を施した後に熱処理する焼結機械部品の製造方法が開示されている。しかしこの方法においても、焼結の際におけるオーステナイト結晶粒の粗大化の影響を受けるので、歯部の強度の向上には限界がある。

【0006】更に特開昭 52-5646 号公報には、2 個の回転軸の軸端面で熱間状態の円板素材を挟持し、回転軸の回転により円板素材を回転させつつ、円盤素材の外周部に転造工具を押し付けて転造する方法が開示されている。この円板素材は溶製品と推定される。また、例えば焼結体を用いたとしても、そのまま加熱して熱間転造すると、表面下に空隙が多いため内部まで酸化され易く、さらに成形時に割れが発生しやすいため、健全な成形品が得られないという問題がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記した焼結の際におけるオーステナイト結晶粒の粗大化の影響を引き継ぐため歯部の強度増加には限界があるという従来法の焼結歯車の実情に鑑みなされたものであり、歯部付近の結晶粒の微細化、緻密化を図ることにより、歯部の強度、特に歯元の疲労強度を向上させるのに有利な焼結歯車の製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者は上記した目的のもとに開発を進め、焼結歯車において焼結に伴い発生する粗大化オーステナイト結晶粒に起因する不具合を回避すべく、熱間転造に伴う加工により結晶粒微細化を図

り、結晶粒微細化による歯部の強度の向上をねらったものである。勿論、転造に伴う緻密化による残留空孔の除去による歯部の強度増加をも期待できる。

【0009】即ち、本発明の焼結歯車の製造方法は、焼結処理が施された焼結体または焼結鍛造体からなり歯部となる歯形成部を備えた鉄系の素材と、突歯型部を備えた転造型とを用い、少なくとも素材の歯形成部がオーステナイト化領域となる様に素材を加熱する加熱工程と、加熱された熱間状態の素材に転造型の突歯型部を強圧して素材に歯部を転造し、素材の歯形成部に歯部を創成する熱間転造工程とを順に実施することを特徴とするものである。

【0010】本発明方法に係る熱間転造工程は、歯形成部がオーステナイト・フェライト相の領域である時に転造する形態、歯形成部が安定オーステナイトの領域である時に転造する形態、歯形成部が過冷または準安定オーステナイトの領域である時に転造する形態、歯形成部がパーライト変態中において転造する形態のいずれでも良く、要するに加工による結晶粒微細化効果を期待できれば良い。

【0011】熱間転造工程の前に、素材の歯形成部に表面緻密化工程を実施することが好ましい。表面緻密化工程は、歯形成部に回転ロールのロール面を強圧する予備転造であることが好ましい。とくに、焼結体の密度が低い場合には、表面緻密化工程を施すことにより、加熱時の表面酸化の抑制と歯転造時に生じ易い割れ欠陥の抑制を有効に図ることができ、健全な歯車を成形することができるので好ましい。

【0012】熱間転造工程の後に、歯部の表層及び歯底面の表層を高周波誘導加熱した後に急冷し、焼入硬化層を形成する高周波焼入工程を実施することが好ましい。また熱間転造工程の後に、オーステナイト生成温度以下で行われる窒化処理、軟窒化処理、水蒸気処理、ショットピーニング処理のうち少なくとも1つの処理を実施し、少なくとも歯部及び歯底面に表面硬化層を形成することも好ましい。

【0013】また本発明の方法の加熱工程では、素材を高周波誘導加熱して素材の歯形成部をオーステナイト化領域に加熱すると共に、素材の歯形成部の内側領域を歯形成部よりも低い温度に維持し、内側領域の剛性を歯形成部よりも高めることが好ましい。熱間転造の際における素材の内側領域の変形阻止に有利だからである。

【0014】

【作用】熱間転造工程において、加工による結晶粒微細化が生じるので、歯部の強度は向上する。また熱間転造に伴う、緻密化による残留空孔の除去効果による強化も期待できる。

【0015】

【実施例】以下、本発明方法の実施例を説明する。この例は「円筒はすば歯車」を製造する例である。

（圧粉工程、焼結工程）本方法では、原料粉末として、アトマイズ処理した鋼系の合金鋼粉末（平均粒径 $20\mu\text{m}$ 程度）を用いる。合金鋼粉末の基本組成は合金鋼粉末を100%としたとき重量%でFe-2%Ni-0.5%Moである。この合金粉末は鉄粉末粒子の表面にNiの微粉末粒子とMoの微粉末粒子をワックスで付着して被覆したものである。この様にNiを2%含む鋼系組成の溶製品では切削加工は容易ではない。

【0016】そして、この合金粉末と黒鉛粉末とステアリン酸亜鉛とを混合した混合粉末を用いる。混合粉末では、混合粉末全体を100%としたとき、重量%で黒鉛粉末が0.55%、ステアリン酸亜鉛が0.8%と混合されている。この混合粉末を粉末冶金成型により成形圧力 $8\text{t}/\text{cm}^2$ にて圧縮して圧粉体を得る。圧粉体は、中央孔を有する円盤状をなしている。

【0017】この圧粉体を窒素-水素雰囲気にて通常 1130°C で40分間加熱して焼結し、その後常温域に冷却して焼結体を得る。この焼結体では、鉄粉末粒子に被覆されていたNiは拡散され、基本的にはパーライトの組織であり、これにNiリッチのマルテンサイト、ベイナイト、フェライトが混合した組織となる。ところで、焼結の際には高温で長い時間加熱されるので、前述した従来の焼結歯車と同様にオーステナイト結晶粒の粗大化が生じ、これが常温域まで引き継がれているため、常温域でも焼結体の組織の結晶粒は粗大化しており、このままでは歯元強度の高い良好な歯車を得るのに不利である。

【0018】上記の様に焼結体を形成したら、次に常温域にて焼結体をサイジングして寸法矯正する。これにより、図1に示す断面形状を備えたと共に小孔1b及び中央孔1cを有する円盤状の素材1を得る。素材1の密度 $7.1\text{g}/\text{cm}^3$ である。サイジング処理では、素材1の外周部である歯形成部10のしごき代は0.1~2mmとされ、これにより歯形成部10は緻密化され、歯形成部10における残留空孔が軽減または解消される。この様にすれば残留空孔による欠陥を解消するのに有利である。

【0019】本方法では必要に応じて表面緻密化もかねて予備転造する。予備転造の場合には、図2に示す様に外周部にリング状にのびる突部20を同軸的にロール面21cに備えた回転ロール21と、回転ロール21に装備された拘束盤22とを用い、回転ロール21の突部20をその径方向に相対移動させて素材1の歯形成部10に押し込む。この際には拘束盤22を素材1の端面1dに宛てがい、素材1の肉が側方にはみ出さぬ様にする。上記した予備転造により、歯形成部10の表層では残留空孔が解消または軽減され、緻密化される。なお予備転造代は素材1の半径方向において1~2mm程度にできるが、これに限定されるものではない。

【0020】（加熱工程）次に、図3に示す誘導コイル

加熱装置4を用い、常温域に冷却した素材1を誘導コイル加熱装置4にセットする。即ち、図3に示す様に素材1の中央孔1cに回転支持治具41を配置すると共に、誘導コイル40と素材1とを同軸的に配置して誘導コイル40の内周部と素材1の外周部とを同軸的に対面させる。そして、回転支持治具41により素材1を矢印A1方向に回転させつつ、誘導コイル40に高周波電流を通电して、素材1の外周部である歯形成部10を高周波誘導加熱する。これにより素材1の歯形成部10（図3において斜線で示される領域）は、約10mmの深さで約1150°C程度に加熱され、オーステナイト化される。なお誘導加熱条件は適宜選択できるが、電力が100kW、周波数が10kHz、加熱時間が20秒とする。

【0021】更にまた図4に示す様なチャック装置5を用いて素材1を転造盤6に移す。このチャック装置5は、図4に示す様に、円錐面50を備えた金属製のコレット51と、周方向に複数個に分割された金属製の分割リング54と、リング状をなす金属製の拘束パンチ55～57とを備えている。そして、コレット51を軸方向つまり矢印B1方向に移動させることにより分割リング54を半径方向外方向つまり矢印C1方向に拡張させて分割リング54の外周面を素材1の中央孔1cの内周面を密接させて保持すると共に、拘束パンチ55～57を矢印D1方向に移動させて拘束パンチ55～57の端面55a～57aで素材1の端面1dを挟持する。このとき図4から理解できる様に、歯形成部1の軸面10cは拘束パンチ55～57に接触しない様にする。歯形成部1をできるだけ高温に維持するためである。

【0022】この状態で図5に示す様に、転造盤6に装備されている扇型の補助誘導コイル60と素材1の歯形成部10とを対面させ、転造盤6において転造直前に高周波誘導加熱により盤内加熱する。この盤内加熱は、主として、素材1の着脱移動時の温度低下を補充するものである。盤内加熱の条件は適宜選択できるが、電力が100kW、周波数が10kHz、加熱時間が15秒である。盤内加熱により、素材1の外周部である歯形成部10（図5において塗り潰されている領域）は、約10mmの深さで約1150°C程度となる。この際、素材1の中心域即ち中央孔1c付近温度は35～100°C、特に40～80°Cであり、歯形成部10の温度と比較して甚だ低いものである。

【0023】この様に歯形成部10のみ集中的に高温となるのは、第1に、焼結した直後で全体が高温状態の素材を用いるのではなく、一旦全体を常温域に冷やした素材1を用いていること、第2に、高周波誘導電流に起因する表皮効果により素材1の歯形成部10の表層部が集中して昇熱する高周波誘導加熱であること、第3に、歯形成部1の軸面10cは拘束パンチ55～57に接触しない様にされていること、第4に、拘束パンチ55～5

7、分割リング54及びコレット51が素材1の中心域の端面1dに接触しているため、端面1dから拘束パンチ55～57、分割リング54及びコレット51への伝熱が大きいこと等に起因していると考えられている。この意味で拘束パンチ54～57、分割リング54及びコレット51に冷却ジャケットや冷却通路を装備する等して、これらを強制冷却構造にすることが好ましい。

【0024】（熱間転造工程）この工程では図5に示す油圧押込式の転造盤6を用いている。転造盤6は、ほぼ状をなす多数個の突歯型部64a、65aを外周部にそって備えた構造のビニオン型の鋼製の一對のダイス64、65を有する。ダイス64、65は駆動機構により回転駆動される様になっている。なおダイス64、65は水冷構造にできる。

【0025】そして、一對のダイス64、65を矢印E1方向に駆動回転させつつ、そのダイス64、65をそれぞれの油圧シリンダにより矢印F1方向に移動させて互いに接近させる。これによりダイス64、65の突歯型部64a、65aを素材1の歯形成部10に押し込み、熱間転造加工する。この際、素材1は従動して回り、同様にコレット51、分割リング54、拘束パンチ55～57も従動して回る。

【0026】この様な熱間転造により素材1の歯形成部10の組織の結晶粒は微細化される。上記した様に誘導加熱温度は1150°Cのため、熱間転造開始温度は1050°C、熱間転造終了温度はA₁変態点以下つまり560～630°C程度である。さて図6はダイス64の要部を示す。図6に示す様に、ダイス64は、回転可能な作動軸64bと、作動軸64bに装備され突歯型部64aを有するダイス本体64cと、素材1の端面を拘束する拘束盤64dと、拘束盤64dを押さえる押え板64eと、カラー64fとを備えている。なおダイス65もダイス64と基本的には同じ構成である。

【0027】熱間転造工程における押込荷重、転造時間等の諸条件は、素材1の材質等に応じて適宜選択できるが、一般的には押込荷重は4～6トン、転造時間は4～13秒例えば7秒にできる。この様な熱間転造工程により、図7～図9に示す様な「はすば歯車」である歯部70を備えた焼結歯車7が製造される。歯部70の断面は図9に示されている。図9に示す様に、歯部70は歯面71、歯先面72、歯底面73で区画されている。

【0028】上記加熱工程において素材1の歯形成部10の表層を高温域にできるにもかかわらず、素材1の中心域つまり中央孔1c付近の温度を低温に維持できるので、素材1の中心域は剛性が確保され、従って加熱工程後の熱間転造工程において素材1の中心域はあたかも芯体あるいは剛体のごとく機能する。従って、本方法の熱間転造工程では転造による加工力は素材1の中心域まで分散されることなく、素材1の歯形成部10に集中させることができる。従って歯部70の創成が短時間のうち

に良好に確保される。更に加工力が素材 1 の中心域まで分散されることなく、表層側である歯形成部 10 に集中するので、歯形成部 10 における単位体積あたりの加工力が高くなり、歯形成部 10 付近における結晶粒微細化効果、緻密化効果も大きくなる。

【0029】しかも熱間転造工程において素材 1 の中心域は剛性が高く維持されるので、転造加工時における中心域の変形防止に有利であり、寸法精度が確保される。更に転造加工の際には、前述した様に拘束パンチ 55～57 の端面 55a～57a で素材 1 の端面 1d を拘束挟持しているの、素材 1 の中央域の変形は一層確実に防止され、歯車の寸法精度を一層向上させるのに有利である。

【0030】ところで、歯車では最も強度が要請されるのは一般的には歯部 70 の歯元 70c である。この点本方法では、歯車の半径方向における中心域の組織においては熱間鍛造の際の加工力があまり作用しないので、歯車の中心域の組織においては結晶粒の微細化効果は基本的には得られないが、前述した様に歯形成部 10 では上記した熱間転造加工に伴う加工熱処理により結晶粒は微細化されるので、歯部 70 の歯面 71、歯先面 72、歯底面 73 の組織の結晶粒は微細化され、歯部 70 の強度向上に有利であり、歯元の疲労強度の増加に貢献できる。

【0031】上記の様に製造した歯車 7 は、モジュール 2.6、ねじれ角 20° 右、歯先円直径 85.8 mm、密度 7.2～7.6 g/cm³ で、とくに歯元において密度が高い。なお熱間転造工程が完了した後における歯部 70 付近の組織の粒径は約 3～8 μm、例えば 5 μm 程度と考えられ、試験で確認されている。

【0032】(高周波焼入工程) 次に高周波で誘導加熱した後焼入を行う。焼入温度はオーステナイト化温度 (A_{c1} 点) から +100° C 程度とすることが、結晶粒の粗大化防止の観点から好ましい。本方法では、周波数 3 kHz で出力 1200 kW sec の高周波電力量を印加して誘導加熱することにより、歯部 70 付近が A_{c1} 変態点以下の温度領域つまり約 650° C となる様に予熱する。予熱により残留歪み除去効果が期待できる。また歯車 7 の歯部 70 付近の結晶の粗大化を抑止しつつ、歯部 70 の温度をできるだけ高温に維持できる効果も期待できる。

【0033】その後、歯部 70 の表層が A_{c1} 変態点を越えオーステナイト化する様に本加熱する。このとき歯部 70 のうち最も強度が要請される歯元 70c が最も高温度となるように誘導加熱の条件を設定する。即ち、周波数 40 kHz で 62 kW sec の高周波電力量とし、歯部 70 の歯元 70c 付近が 750～850° C、歯先付近が 750～800° C となる様に急熱する。この様な本加熱の時間は、0.3～1.0 秒程度、例えば 0.5 秒程度と極く短時間である。

【0034】この様な本加熱後、直ちにシャワー水で急冷することにより焼入を実施し、これにより図 10 に示す様に歯車 7 の歯面 71、歯先面 72 及び歯底面 72 の輪郭にそった輪郭焼入層 78 が得られる。この様な輪郭焼入層 78 が得られるのは、高周波誘導加熱による本加熱時間が 0.3～1.0 秒程度と極く短時間であり、

「表皮効果」で集中的に誘導加熱され、歯部 70 の内部への伝熱が制限されるためと考えられている。次に焼戻し処理を行なう。焼戻し処理は、160° C で 1 時間歯車 7 を加熱して行う。

【0035】ところで本方法では、前述した様に高周波誘導加熱による本加熱時間が 0.3～1.0 秒程度と極く短時間であるため、結晶粒の粗大化を回避でき、加工熱処理で微細化した結晶粒がそのままオーステナイト結晶粒でも引き継がれ、その状態でマルテンサイト化するので、旧オーステナイト結晶粒の微細組織が確保され、輪郭焼入層 78 を構成するマルテンサイト組織も微細となる。

【0036】更に本方法では輪郭状をなす輪郭焼入層 78 は、マルテンサイト化に伴い歯面 71、歯先面 72、歯底面 73 の輪郭にそって体積膨張している。この場合には、歯部 70 全体が焼入された場合に比較して、表面焼入層 78 には効果的に圧縮残留応力が付与され、歯元 70c の強度向上に有利である。本方法で形成した輪郭焼入層 78 は、基本的には、体積%でマルテンサイトが 80% 程度であり、また硬さが Hv700～850、深さが歯元 70c で約 0.8 mm、歯底近傍で約 0.65 mm である。

【0037】また歯車 7 の中心域の組織は基本的にはパーライト組織である。既述した様に歯車の中心域には加工熱処理に伴う微細化効果は及びにくいので、歯車 7 の中心域のパーライト組織の粒径は、従来の焼結歯車と同様に、焼結時における粗大化したオーステナイトの結晶粒の影響を基本的には引き継いでいるが、歯車では最も強度が要請されるのは歯元 70c であるため、歯元 70c の強度増加が期待できる限り、実用上問題はない。また、焼入後に 150° C×90 分の焼戻し処理を行なった。

【0038】なお、一般的にはこの歯部 70 は最終形状となるものであるが、場合によっては後処理としてホーニング加工等の仕上加工するものでも良い。ところで、図 11 は表面緻密化工程、加熱工程、熱間転造工程、高周波焼入工程、焼戻し工程の各工程を実施する際の熱履歴を示すグラフである。

(ショットピーニング) 上記した様に高周波焼入、焼戻し処理した歯車 7 を、必要に応じてショットピーニング処理しても良い。ショットは微小鋼球の他にグリッド、砂でも良い。ショットピーニング処理の条件は適宜選択できるが、エアノズルタイプの場合には、ショット粒径が直径が 0.3～0.8 mm、ショット硬さが Hv50

0~720、エア圧2~5 kg/cm²、ショット時間が15~30秒、アークハイト0.4~0.7 mmであり、これにより圧縮残留応力は40~90 kgf/mm²にできる。

【0039】(表面硬化層) 上記した高周波焼入処理に代えて、水蒸気処理で表面に酸化鉄の被膜を表面硬化層として形成したり、窒化処理や軟窒化処理により窒化層を表面硬化層として形成することもできる。これらの処理により歯部70の表面硬さが向上し、耐摩耗性や強度が向上する。しかもこれらの処理の温度は一般的にはA変態点以下であるため、加工による結晶粒微細化効果を阻害することなく、酸化鉄の被膜、窒化層等による効果を加味でき、従って歯部70の一層の強化を図り得る。

【0040】水蒸気処理の条件は適宜選択できるが、例えば、温度が550~580°C、時間が60~120分、蒸気圧が1~3 kgf/cm²、酸化鉄の被膜の厚みが3~7 μm、表面硬さがHv280~360にできる。窒化処理の条件は適宜選択できるが、例えば、イオン窒化で温度560~580°C、時間が180~240分、減圧度が0.1~10 torr、雰囲気ガスとアンモニアガスの混合、プラズマ電流が8 A、窒化層の厚みが10~35 μm、窒化層の硬さがHv450~950である。

【0041】軟窒化処理の条件は適宜選択できるが、例えば、ガス軟窒化で温度560~580°C、時間が180~240分、雰囲気ガスとアンモニアとプロパンガスの混合、窒化層の厚みが15~40 μm、窒化層の硬さがHv550~1000である。

(他の緻密化処理) 上記した例では前述した様にサイジング処理により焼結体からなる素材1の歯形成部10を緻密化しているが、緻密化処理としてはサイジングに限らず他の処理でも良い。例えば、HIP処理、CIP処理、鍛造等の方法の他に、冷間でしごき加工したり、冷間でラジアル鍛造したりすることもできる。しごき加工の場合には、図12に示す様に傾斜角θ1の円錐面状をなすしごき加工面80を備えたしごき型81を用い、素材1を矢印K1方向に強圧して行うことができる。

【0042】またラジアル鍛造することもできる。この場合には図12に示す様に、中心点84cを中心として放射方向に配置された多数個の分割型84を用い、その中央に素材1を配置した状態で、分割型84を放射方向の内方に締め、これにより分割型84の内周部で素材1の歯形成部10を強圧して緻密化する。また場合によっては歯形成部10にショットを投射するショットピーニング処理により歯形成部10の緻密化を図っても良い。

【0043】(更なる他の例) 上記した例では粉末冶金で形成した焼結体からなる素材1を用いているが、これに限らず粉末冶金と鍛造とを複合化した焼結鍛造体から

なる素材を採用することもできる。また歯車を構成する合金粉末の組成は上記したものに限定されるものではなく、必要に応じて適宜選択できる。上記した例では円筒はすば歯車の製造に適用しているが、これに限定されるものではなく、円筒平歯車、或いは他の種の歯車でも良い。また誘導加熱条件等の製造条件は上記した方法の条件値に限定されるものではなく、本発明方法の要旨を逸脱しない範囲で必要に応じて適宜変更できるものである。

【0044】

【発明の効果】本発明の方法によれば、焼結の際におけるオーステナイト結晶粒の粗大化の影響を引き継ぐため強度増加に限界がある焼結歯車であっても、熱間転造加工により、歯部付近の結晶粒の微細化を図ることができ、従って焼結歯車の歯部の強度特に歯元の疲労強度を向上させるのに有利である。

【0045】また、表面緻密化加工後、熱間転造することにより、成形性の悪い焼結体を用いても欠陥の少ない健全な歯車に成形することが可能となる。本発明の方法によれば、勿論、転造に伴う緻密化による残留空孔の軽減効果による強度増加をも期待できるので、歯部の強度を一層向上させるのに有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】素材の断面図である。

【図2】素材の歯形成部を予備転造している状態の断面図である。

【図3】加熱工程において素材の歯形成部を誘導加熱している状態の構成図である。

【図4】素材を保持したチャック装置の断面図である。

【図5】一対のダイスを備えた転造盤を概略して示す構成図である。

【図6】ダイスの要部を示す断面図である。

【図7】転造された歯部を備えた歯車の断面を示し、図8のW-W線断面図である。

【図8】転造された歯部を備えた歯車の半分を示す平面図である。

【図9】転造された歯部の断面図である。

【図10】輪郭焼入層を備えた歯部の断面図である。

【図11】本方法の熱履歴を示すグラフである。

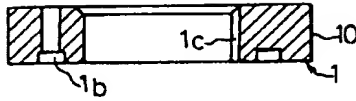
【図12】緻密化工程としてのしごき加工を示す構成図である。

【図13】緻密化工程としてのラジアル鍛造を示す構成図である。

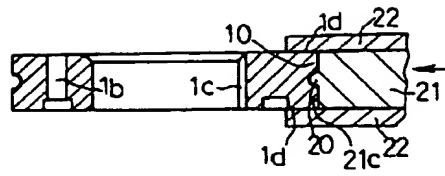
【符号の説明】

図中、1は素材、10は歯形成部、64、65はダイス、64a、65aは突歯型部、7は歯車、70は歯部、73は歯底面、78は輪郭焼入層(焼入硬化層)を示す。

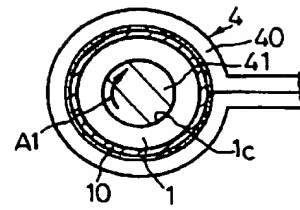
【図1】



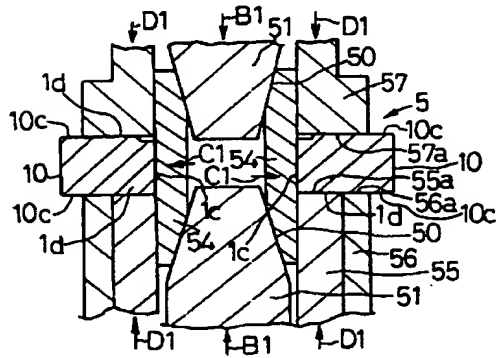
【図2】



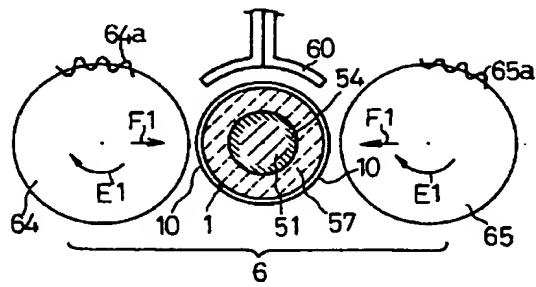
【図3】



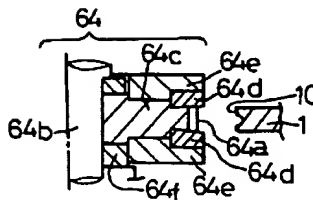
【図4】



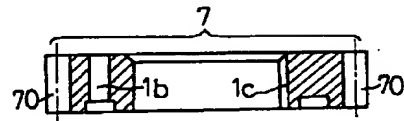
【図5】



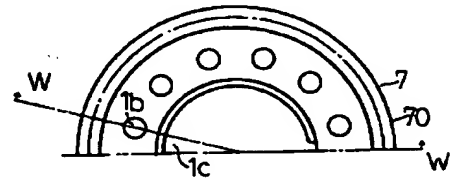
【図6】



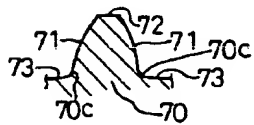
【図7】



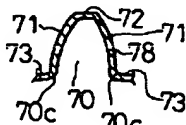
【図8】



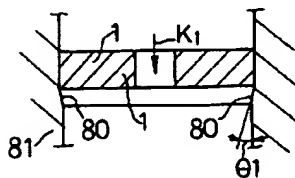
【図9】



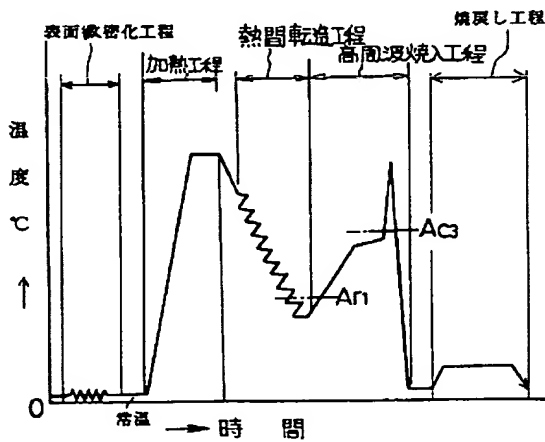
【図10】



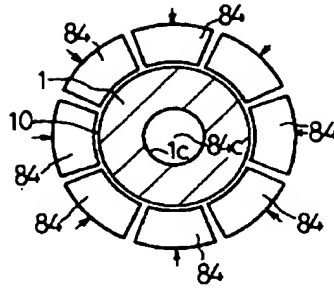
【図12】



【図11】



【図 13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 P	15/14	7528-3C		
C 2 1 D	1/42	A		
	8/00	Z	7217-4K	
	9/32	A		
(72)発明者	宮本 典孝		(72)発明者	田中 利秋
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内			愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者	大西 昌澄		(72)発明者	団野 敦
	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内			愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
			(72)発明者	近藤 幹夫
				愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内